Organización neuronal confederal en Octopus vulgaris:

arquitectura, fotorrecepción, sueño y el problema del juego

Marcos J. Correa López

Desde el rincón de la Izquierda

Preprint

Documento de trabajo

Organización neuronal confederal en Octopus vulgaris:

arquitectura, fotorrecepción, sueño y el problema del juego

Marcos J. Correa López

Edita: ***Desde el rincón de la Izquierda***

Colección: Los artículos del blog homónimo

Número 5

DOI: 10.13140/RG.2.2.28594.36801

Imagen de portada: Intervención e inversión vertical por Marcos Correa sobre Henri Matisse.
"**Palmette**" (Feuille violet sur fond orange), 1947.
Museo Berggruen, Berlín .

Organización neuronal confederal en Octopus vulgaris:

arquitectura, fotorrecepción, sueño y el problema del juego.

Marcos J. Correa López

Centro de Estudios por el Pensamiento Ilustrado y Crítico

Cádiz, España

Resumen

El presente trabajo examina cuatro aspectos de la biología cognitiva de *Octopus vulgaris* que, considerados conjuntamente, apuntan a un modelo de organización neuronal radicalmente distinto al de los vertebrados: la distribución periférica de la mayor parte de su sistema nervioso, la presencia de fotorreceptores funcionales en la piel, la existencia de estados de sueño activo análogos al REM mamífero, y los comportamientos descritos habitualmente como «juego». Respecto a este último punto, el artículo propone una disolución conceptual: la etiqueta «juego» constituye un caso de antropomorfismo metodológico que puede resolverse apelando al

modelo de independencia funcional entre los brazos y a la ausencia de memoria episódica en los ganglios individuales. El análisis de estos fenómenos desde el modelo confederal permite, además, formular dos propuestas adicionales: una objeción a la pretensión de universalidad de la teoría de la información integrada de Tononi, mediante el concepto de Alt-phi —la complejidad funcional alcanzada por multiplicidad organísmica frente a integración orgánica central—; y una explicación de la ausencia de cultura en un animal inteligente, vinculada a la imposibilidad de autorrepresentación centralizada y, con ella, de socialidad.

1. Introducción

Octopus vulgaris representa, en el conjunto del reino animal, uno de los casos más documentados de inteligencia surgida de forma completamente independiente a la de los vertebrados. Su último antepasado común con los mamíferos fue un organismo de escasa complejidad neuronal que habitó los mares del Cámbrico hace aproximadamente 530 millones de años (Kröger et al., 2011). Desde esa bifurcación, la línea evolutiva de los cefalópodos coleoideos desarrolló soluciones cognitivas propias, sin herencia compartida con las que condujeron a los vertebrados. El resultado es un animal que Godfrey-Smith (2016) describe acertadamente como «la forma más próxima a una inteligencia alienígena que podemos encontrar en la Tierra».

La peculiaridad del pulpo no reside únicamente en el tamaño de su sistema nervioso — unos 500 millones de neuronas, comparable al de un perro (Young, 1963; Godfrey-Smith, 2017) — sino en su arquitectura: aproximadamente dos tercios de esas neuronas no se

encuentran en el cerebro central sino distribuidas por los ocho brazos, en forma de ganglios periféricos (Hochner, Shomrat y Fiorito, 2006). Esta organización da lugar a un modelo que el presente artículo propone denominar «confederal», en contraste con el modelo «centralista» que caracteriza a los vertebrados, en el que el córtex controla la periferia de forma jerárquica y descendente.

Los cuatro fenómenos que se analizan a continuación —distribución neuronal, fotorrecepción cutánea, sueño activo y comportamiento de juego— son aspectos que han recibido atención creciente en la literatura especializada, pero que rara vez se han examinado de forma integrada. El objetivo de este trabajo es precisamente esa integración, con especial atención al problema metodológico que plantea el llamado «juego» en cefalópodos.

2. Arquitectura neuronal: el modelo confederal

El sistema nervioso de *Octopus vulgaris* está constituido por aproximadamente 500 millones de neuronas distribuidas de la siguiente manera: unos 50 millones en el cerebro central, entre 130 y 150 millones en los lóbulos ópticos —funcionalmente diferenciados del cerebro ejecutivo— y en torno a 300 millones en los ganglios de los brazos (Young, 1963; Godfrey-Smith, 2016). Esta distribución invierte la proporción habitual en vertebrados, donde la gran mayoría del tejido nervioso se concentra en el sistema nervioso central. En términos comparativos, 50 millones de neuronas centrales sitúan al pulpo en el rango de la rata; la diferencia no está en el cerebro central sino en lo que lo rodea.

La unidad básica de procesamiento es en sí misma cualitativamente

distinta a la del vertebrado. Las neuronas del pulpo son de tipo monopolar, característico de los invertebrados: del cuerpo celular emerge una única prolongación que se bifurca en T, con una rama dirigida al neuropilo central donde se producen las sinapsis, y otra que actúa como axón. El cuerpo celular, situado en la capa exterior del ganglio, es eléctricamente pasivo, no genera potenciales de acción. En los vertebrados, en cambio, su neurona, multipolar, tiene axón y dendritas emergiendo directamente del cuerpo celular, que se sitúa en el interior del tejido y participa activamente en el procesamiento. Son dos soluciones evolutivas distintas al mismo problema de transmitir y procesar información.

El cerebro central del pulpo está organizado en más de 30 lóbulos diferenciados, dispuestos en dos masas atravesadas literalmente por el esófago — una peculiaridad anatómica sin equivalente en vertebrados. Algunos lóbulos tienen analogías funcionales reconocibles: el lóbulo vertical es el análogo funcional del hipocampo mamífero, implicado en el aprendizaje y la memoria visual; el lóbulo peduncular recuerda arquitectónicamente al cerebelo; los centros motores superiores son comparables al córtex motor, aunque sin organización somatotópica — el cerebro del pulpo no contiene un mapa del cuerpo como el nuestro.

Cada brazo posee un cordón nervioso axial con ganglios locales que funcionan como centros de integración sensoriomotriz para los succionadores y la musculatura adyacente (Sivitilli, 2019). Esta organización permite que los brazos ejecuten comportamientos complejos sin necesidad de instrucciones del cerebro central en tiempo real. La demostración más directa de esta autonomía es que un brazo amputado continúa respondiendo a estímulos y ejecutando movimientos coordinados durante un período prolongado tras la separación del cuerpo (Sumbre et al., 2001).

El cerebro central opera, en este esquema, como instancia estratégica: determina objetivos de alto nivel —la dirección de desplazamiento, la elección de presa— pero no microgestiona la ejecución. Esta organización ha sido descrita como «brain-down» en los vertebrados, frente a lo que en el pulpo cabría denominar, con más precisión que el habitual «arm-up», una dinámica «arm-arm»: los brazos no mandan señales hacia arriba al cerebro sino que actúan cada uno en su dominio sin consultar ni al cerebro ni a los demás brazos. Una investigación reciente de la Universidad de Chicago (Kuuspalu, Cody y Hale, 2022) ha aportado un elemento adicional de complejidad: los cordones nerviosos intramusculares de los brazos presentan conexiones laterales entre brazos situados en lados opuestos del animal, lo que sugiere una capa de integración periférica hasta ahora no documentada.

La analogía política resulta heurísticamente útil: el sistema nervioso del pulpo no es una descentralización —que implica un centro que cede competencias pero las retiene en última instancia— sino un reparto de soberanías funcionales. Cada brazo posee autonomía real en su dominio sin que el centro pueda o necesite intervenir en la ejecución táctica. Esto es estructuralmente diferente del federalismo neuronal que podría atribuirse a ciertos mamíferos con corteza motora distribuida.

3. Fotorrecepción cutánea: ver sin ojos

Octopus vulgaris es daltónico en el sentido convencional: su retina posee un único tipo de fotorreceptor, lo que impide la discriminación de longitudes de onda por comparación espectral (Mäthger et al., 2006). Sin embargo, su capacidad de camuflaje

cromático es extraordinaria, lo que durante décadas constituyó una paradoja sin resolución satisfactoria.

La solución llegó de forma inesperada: Ramirez y Oakley (2015) demostraron que la piel de *Octopus bimaculoides* contiene opsinas funcionales —las mismas proteínas fotorreceptoras presentes en la retina— y que muestras de piel aislada del animal, sin ninguna conexión con el cerebro o los ojos, responden a la luz expandiendo los cromatóforos. Este fenómeno fue denominado LACE (Light-Activated Chromatophore Expansion). La respuesta es máxima ante luz azul-verde, con una longitud de onda ligeramente distinta a la que activa la opsina ocular.

Maselli et al. (2025) han extendido estos hallazgos a los lóbulos ópticos y los succionadores del pulpo común, confirmando la presencia de un sistema de fotorrecepción extraocular distribuido por múltiples tejidos. La cadena de señalización molecular identificada en la piel es homóloga a la del ojo, lo que sugiere una reutilización evolutiva del mismo mecanismo fotoquímico en un contexto periférico.

La implicación más relevante para el modelo confederal es que el camuflaje puede operar, al menos en parte, de forma autónoma respecto al cerebro central. La piel ve y responde sin que medie ningún procesamiento central. Si los ganglios del brazo reciben y procesan señal de las opsinas cutáneas —lo que la anatomía hace plausible aunque no ha sido demostrado con precisión— entonces cada brazo constituiría un sistema visual rudimentario e independiente, capaz de ajustar localmente su pigmentación sin consultar al cerebro ejecutivo.

Esta interpretación es coherente con la ausencia de punto ciego en el pulpo. A diferencia del ojo vertebrado, donde el nervio óptico atraviesa la retina generando una zona sin fotorreceptores, el ojo

del pulpo está construido «al revés»: el nervio se inserta por detrás de la retina, dejando la superficie receptora completamente libre (Ogura, Ikeo y Gojobori, 2004). Los dos sistemas visuales —ocular y cutáneo— parecen servir funciones distintas y complementarias para el funcionamiento del organismo en su conjunto: visión de alta resolución para la caza y la navegación en el primero, ajuste local y automático del camuflaje en el segundo.

El ojo del pulpo constituye, por sí mismo, uno de los ejemplos más citados de evolución convergente. Vertebrados y cefalópodos desarrollaron independientemente el ojo de tipo cámara —con iris, cristalino, vítreo y retina— a partir de un ancestro común que poseía a lo sumo una mancha fotosensible simple (Ogura et al., 2004). El ancestro común de ambos linajes vivió hace más de 500 millones de años. Esta convergencia estructural alcanza incluso el nivel molecular: el 69,3% de los genes expresados en el ojo humano tienen homólogos —herederos del antepasado ancestral común— expresados en el ojo del pulpo (Ogura et al., 2004), lo que sugiere que el ojo de tipo cámara constituye una solución casi inevitable ante determinadas presiones selectivas.

4. Sueño activo y estados análogos al REM

Durante décadas se asumió que los estados de sueño diferenciados —en particular el sueño REM, caracterizado por movimientos oculares rápidos y actividad cerebral de alta frecuencia— eran exclusivos de mamíferos y aves. Investigaciones posteriores extendieron este patrón a algunos reptiles y a la sepia (*Sepia officinalis*), cefalópodo próximo al pulpo.

En 2021, un equipo de la Universidad Federal de Rio Grande do

Norte (Medeiros y Ribeiro, 2021) documentó en *Octopus insularis* la alternancia de dos estados de sueño diferenciados: un sueño tranquilo, caracterizado por inmovilidad y coloración apagada, y un sueño activo de entre 40 y 60 segundos de duración en el que la piel del animal exhibe cambios cromáticos rápidos e intensos, los succionadores se contraen, la musculatura se agita y los ojos realizan movimientos rápidos. Los animales mostraban umbral de respuesta elevado ante estímulos externos durante ambas fases, confirmando que se encontraban dormidos y no simplemente en reposo alerta.

Pophale, Shimizu, Mano et al. (2023), del Instituto de Ciencia y Tecnología de Okinawa, confirmaron estos hallazgos mediante registro electrofisiológico de alta densidad en el cerebro de *Octopus laqueus*, encontrando que la actividad eléctrica durante el sueño activo era análoga a la registrada en vigilia —patrón característico del REM mamífero (Medeiros y Ribeiro, 2021; Pophale et al., 2023).

Los cambios cromáticos del sueño activo son especialmente notables porque, a diferencia de los del camuflaje en vigilia, no guardan relación con el entorno inmediato del animal. Se producen en oscuridad completa o con el animal en superficies monocromáticas. La hipótesis más extendida es que reflejan actividad espontánea de los lóbulos ópticos —análoga al procesamiento mnémico del REM mamífero— pero los mecanismos precisos permanecen indeterminados (Mather, 2019). Cabe señalar, no obstante, que esta explicación no contempla la posible independencia del cambio de color debida a la autonomía cromática de los brazos documentada en vigilia por Ramirez y Oakley (2015): no está establecido que los cambios cromáticos del sueño activo procedan necesariamente del cerebro central.

La consolidación de memoria y el procesamiento de información

adquirida en vigilia son las hipótesis funcionales más plausibles, aunque por ahora no demostradas en el caso del pulpo, para el sueño REM-análogo (Medeiros y Ribeiro, 2021; Pophale et al., 2023). La existencia de este sueño activo en cefalópodos tiene implicaciones evolutivas de primer orden. Si el mismo apareció independientemente en vertebrados y cefalópodos —linajes separados hace 530 millones de años—, su función debe ser suficientemente ventajosa como para haber sido seleccionada en dos contextos neurológicos radicalmente distintos, o incluso podría tratarse de una condición necesaria a partir de cierta complejidad cognitiva, para la reorganización del sistema de procesamiento y la consolidación de la memoria.

5. El problema del juego: antropomorfismo y disolución conceptual

El comportamiento descrito como «juego» en octópodos constituye uno de los casos más ilustrativos de las dificultades metodológicas que enfrenta la cognición animal comparada. Su análisis requiere distinguir entre el fenómeno observado —que es real e indiscutible — y la categoría con que se describe, que puede ser inadecuada.

5.1. El fenómeno observado

Los estudios sobre juego en pulpos parten de dos experimentos con naturaleza y estructura muy diferentes, que la literatura especializada ha tratado indistintamente bajo la misma etiqueta. Su análisis separado es indispensable.

El primero es el de Mather y Anderson (1999), realizado con *Octopus dofleini*: el animal dirigía chorros de agua mediante su

sifón hacia un frasco de pastillas que flotaba en la superficie del tanque. El frasco podía alejarse y regresar por efecto de la corriente de retorno del acuario o permanecer más o menos en equilibrio. El comportamiento de la emisión del chorro se repitió hasta veinte veces, sin que mediara ningún estímulo alimentario. Los autores clasificaron este comportamiento como acción «fuera de contexto» y lo denominaron «juego exploratorio».

Sin embargo, el examen del experimento revela que esta clasificación no es sostenible. El chorro de agua tiene una función primaria bien documentada: alejar objetos no deseados de la proximidad del pulpo. Eso es precisamente lo que el animal hace en todos los casos documentados por Mather y Anderson. Que el objeto regrese por efecto de la corriente artificial, de ida y vuelta del tanque dada su geometría de paralelepípedo cerrado —un efecto del artefacto del entorno de laboratorio, no una acción del pulpo— y que el animal repita entonces el chorro no constituye un comportamiento fuera de contexto: es el mismo comportamiento funcional reiterado ante un objeto que persiste en la proximidad. La atribución de intención que aparece en la descripción del nivel 4 del apéndice —«el pulpo dirige el chorro cambiando la trayectoria del objeto para que se acerque»— no está respaldada por los datos y confunde el resultado físico (el acercamiento recursivo del objeto) producido por las condiciones del tanque con una acción deliberada del animal. En suma, el experimento de Mather y Anderson no documenta juego: documenta el uso funcional y contextualmente apropiado del chorro de agua en un entorno artificial que produce efectos no previstos por el observador.

El segundo experimento es el de Kuba et al. (2006), realizado con *Octopus vulgaris* y piezas de Lego. Catorce ejemplares fueron expuestos a los objetos durante siete días consecutivos. Nueve de los catorce mostraron comportamientos que incluían sostener el

objeto con los brazos, remolcarlo por el tanque, empujarlo y acercarlo, y —el más significativo— pasarlo de brazo en brazo. No se encontraron diferencias importantes en función del nivel de privación de alimento, la edad ni el sexo. Kuba et al. (2003) habían documentado previamente comportamientos similares con otros objetos. Este experimento es cualitativamente distinto del anterior: el comportamiento observado implica los brazos, no el sifón, y su naturaleza es compatible con la exploración táctil y quimiorreceptora autónoma de los ganglios.

Burghardt (2015) y Pisula (citado en Mather, 2019) señalan que el juego, tal como se define en etología, requiere que el comportamiento sea voluntario, placentero, aparentemente sin finalidad inmediata, y que comparta elementos estructurales con comportamientos funcionales. Los autores concluyen que los pulpos cumplen estos criterios. Esta conclusión, como se argumentará a continuación, introduce supuestos no verificados.

5.2. El problema del antropomorfismo

La categoría «juego» procede del estudio de mamíferos y aves, en los que está asociada a estados emocionales (placer, curiosidad), a aprendizaje social y a desarrollo cognitivo. Aplicarla a cefalópodos supone asumir, implícitamente, que el comportamiento observado comparte con el juego mamífero no solo su forma externa sino sus bases motivacionales y funcionales.

Wynne (2007) argumentó que el estudio de la cognición animal avanzará solo cuando se libere de categorías antropomórficas previas a la metodología experimental. Bekoff (2000), en cambio, defendió un «antropomorfismo calibrado» como herramienta heurística: atribuir estados mentales al animal puede facilitar el diseño de hipótesis verificables, siempre que las atribuciones se traten como hipótesis y no como hechos. El límite de ambas

posiciones es claro: el antropomorfismo como hipótesis de partida puede ser metodológicamente legítimo; el antropomorfismo como conclusión disfrazada de descripción empírica —como ocurre en el nivel 4 del apéndice de Mather y Anderson (1999)— no lo es.

El debate refleja una tensión metodológica genuina: la etiqueta «juego» puede ser, simultáneamente, una herramienta útil para identificar un fenómeno de interés y un obstáculo para su comprensión, en la medida en que preselecciona la explicación.

5.3. Una propuesta de disolución

El presente artículo propone que el debate sobre si los pulpos «juegan» puede resolverse disolviendo la pregunta, en lugar de responderla. La estrategia es la siguiente: en lugar de preguntar «¿es esto juego?», preguntar «¿para qué sirve este comportamiento?» y, a partir de ahí, determinar si la categoría «juego» añade algún poder explicativo.

El caso de Mather y Anderson (1999) queda fuera de esta discusión por razones previas: la descripción del comportamiento observado está contaminada de origen por un sesgo de búsqueda que confunde el uso funcional del chorro —apropiado y en contexto— con una intencionalidad atribuida a los resultados imprevistos producidos por el ambiente artificial del laboratorio. No hay fenómeno que disolver porque no hay fenómeno correctamente descrito.

El caso de Kuba et al. (2006) sí requiere análisis. El comportamiento observado consiste en la interacción repetida con un objeto sin consecuencias alimentarias inmediatas. Si se analiza desde el modelo confederal descrito en la sección 2, emerge una interpretación alternativa que no requiere apelar a estados mentales de orden superior.

Los succionadores de cada brazo de *Octopus vulgaris* son órganos sensoriales multifuncionales: detectan simultáneamente tacto, presión, temperatura, composición química y, posiblemente, luminosidad (Ramirez y Oakley, 2015). La exploración de un objeto nuevo mediante los succionadores proporciona al ganglio local del brazo información sobre propiedades físicas y químicas del objeto: textura, dureza, composición, flotabilidad. Esta exploración tiene valor adaptativo directo, pues permite clasificar objetos potencialmente comestibles o peligrosos.

En este marco, el comportamiento que los investigadores describen como «juego» puede interpretarse como exploración táctil y quimiorreceptora autónoma de uno o varios ganglios, sin que medie coordinación entre brazos ni instrucción del cerebro central. La observación de que el pulpo «aleja» el objeto y lo «recupera» puede reflejar simplemente que un brazo suelta el objeto tras haberlo explorado, el objeto se desplaza por la corriente, y un segundo brazo —que no posee información sobre lo ocurrido, dada la independencia funcional de los ganglios— lo recoge como si fuera nuevo. El comportamiento de pasarse el objeto de brazo en brazo, documentado por Kuba et al. (2006), es la expresión más directa de esta dinámica.

Esta interpretación tiene varias ventajas: es consistente con el modelo confederal documentado en neuroanatomía; no requiere atribuir al animal estados motivacionales difíciles de operacionalizar; explica la variabilidad individual observada por Kuba et al. (2006) en términos de diferencias en la actividad exploratoria de ganglios específicos; y es falsable mediante el registro simultáneo de actividad en ganglios de diferentes brazos durante el comportamiento.

Esta interpretación cubre también el comportamiento intra-brazo

documentado por Kuba et al. (2006). El ganglio del brazo carece de memoria episódica: no dispone de un archivo de exploraciones previas ni de conciencia del pasado, por inmediato que este sea. Vive en presente perpetuo. Cada contacto con el objeto es, para el ganglio, funcionalmente el primero, puesto que no puede saber que ya lo ha explorado. Sostener, soltar y volver a coger un mismo objeto no constituye reiteración lúdica sino la única forma posible de operar de un sistema sin historia: explorar siempre como si fuera la primera vez, porque para el ganglio siempre lo es. La atribución de «juego» al comportamiento intra-brazo requiere asumir que el ganglio posee memoria del contacto anterior y decide, no obstante, repetirlo sin finalidad. Ese supuesto no ha sido demostrado ni es necesario para explicar el fenómeno observado.

Lo que los investigadores observan como un animal que «juega» podría ser, en realidad, nueve sistemas sensoriales parcialmente autónomos haciendo lo que hacen cuando tienen tiempo libre: explorar. La etiqueta «juego» no describe el comportamiento de un animal unificado, sino la apariencia que ese comportamiento tiene cuando se lo observa desde fuera con categorías diseñadas para animales de organización centralizada.

Esto no implica que los pulpos no puedan «jugar» en ningún sentido del término. Implica que la etiqueta actual no ha demostrado añadir poder explicativo sobre la descripción funcional alternativa, y que su uso introduce supuestos sobre coordinación central y estados motivacionales que no han sido verificados para cefalópodos.

6. La paradoja evolutiva: inteligencia sin herencia

Los cuatro fenómenos analizados comparten un trasfondo evolutivo que hace más notable su existencia. El linaje que condujo a los octópodos modernos divergió de los nautiloideos —cefalópodos con concha externa— hace aproximadamente 416 millones de años. La internalización y posterior pérdida de la concha en los coleoideos es un evento evolutivo sin precedentes directos en el phylum Mollusca.

Existe un debate no resuelto sobre la secuencia adaptativa implicada. Amodio et al. (2019) proponen que fue la pérdida de la concha la que impulsó el desarrollo de la inteligencia, al exponer a estos animales a presiones predatorias inéditas y obligarlos a colonizar nichos que requerían estrategias conductuales más complejas. Mollo, Amodeo y Ghiselin (2019) cuestionan esta secuencia argumentando que una inteligencia mínima debía preceder a la pérdida de la concha, pues de otro modo los animales habrían sido incapaces de sobrevivir sin protección. Amodio et al. (2019) responden que la hipótesis no requiere un salto abrupto, sino una coevolución gradual.

Sea cual sea la secuencia, el resultado es un animal que desarrolló una inteligencia compleja, incluyendo aprendizaje, memoria y los comportamientos descritos en este artículo, sin cultura transmitida, sin aprendizaje social, sin infancia prolongada, y con una esperanza de vida de uno a dos años. Cada generación reinventa sus capacidades desde cero, sin heredar de las anteriores más que lo que el genoma puede codificar.

Desde una perspectiva cognitiva, esto sugiere que lo que habitualmente se llama «cultura» puede disolverse en la categoría más general de «aprendizaje». El pulpo posee aprendizaje

individual; lo que le falta es la externalización y transmisión de ese aprendizaje. La ausencia de cultura no es ausencia de inteligencia: es inteligencia sin memoria colectiva.

Pero la ausencia de cultura en el pulpo no es una mera consecuencia de su esperanza de vida o de su reproducción semélpara. Es una consecuencia de su soledad. La cultura requiere un animal social: Whiten et al. (1999) documentaron 39 patrones de comportamiento culturalmente transmitidos en siete poblaciones de chimpancés, demostrando que lo que define la cultura no es la mera existencia de aprendizaje sino su transmisión social entre individuos. Sin socialidad no hay transmisión, y sin transmisión no hay aprendizaje compartido.

El pulpo es un animal solitario, y esta soledad no es accidental respecto a su arquitectura neuronal. La socialidad exige la capacidad de representar al otro como un igual —como otro yo, como miembro de un «nosotros»—. Esa proyección requiere, a su vez, una autorrepresentación previa: para atribuir yoidad al otro hay que poseer primero un yo centralizado desde el que proyectar. Un sistema confederal, con ganglios autónomos y sin integración central suficiente para generar una representación unificada de sí mismo, carece de la plataforma desde la cual construir esa proyección. El pulpo puede individualizar a otros organismos —la literatura documenta que distingue a cuidadores humanos individuales y se comporta de forma diferenciada ante cada uno—, pero individualizar no es reconocer subjetividad: es reconocer objetos diferenciados en el entorno, no sujetos.

La secuencia es, por tanto: sin yo centralizado no hay autorrepresentación; sin autorrepresentación no hay proyección de yoidad sobre el otro; sin esa proyección no existe la categoría «otro como yo»; sin ella no hay «nosotros»; sin «nosotros» no hay

socialidad; y sin socialidad no hay cultura. La ausencia de cultura en el pulpo no es un déficit contingente sino una consecuencia estructural de su organización confederal. Un sistema que reinventa la rueda en cada generación, pero que es perfectamente capaz de hacerlo.

7. Conclusiones

El examen conjunto de los cuatro fenómenos analizados permite formular las siguientes conclusiones:

Primera. El sistema nervioso de *Octopus* constituye un modelo de organización descentralizada cualitativamente distinto al de los vertebrados. No se trata de una variante del mismo modelo sino de una solución evolutivamente independiente al problema de coordinar un cuerpo complejo. La denominación aquí utilizada «confederal», frente a «centralista», creemos que captura esta diferencia con mayor precisión que términos como «distribuido» o «descentralizado», que implican una cesión de poder desde un centro.

Segunda. La fotorrecepción cutánea documentada por Ramirez y Oakley (2015) y extendida por Maselli et al. (2025) es coherente con el modelo confederal: la piel responde autónomamente a la luz, sin procesamiento central, ajustando localmente la pigmentación. El camuflaje del pulpo no requiere, en todos sus aspectos, la mediación del cerebro.

Tercera. Los estados de sueño activo documentados en Medeiros y Ribeiro (2021) y confirmados en Pophale et al. (2023) constituyen un caso de convergencia funcional —no homológica— con el REM

mamífero, lo que sugiere que las funciones asociadas a este estado (consolidación de memoria, procesamiento de información) representan ventajas adaptativas de suficiente magnitud, o incluso una condición necesaria a partir de cierta complejidad cognitiva, para ser seleccionadas independientemente en dos linajes sin ancestro común reciente.

Cuarta. Los comportamientos descritos como «juego» en octópodos son reales como fenómeno observacional, pero requieren análisis diferenciado. El experimento de Mather y Anderson (1999) no documenta juego sino uso funcional y contextualizado del sifón en un entorno artificial cuya geometría produce efectos no atribuibles al animal (y mucho menos deseados por él). El de Kuba et al. (2006) sí describe un fenómeno relevante, interpretable como exploración táctil autónoma de ganglios individuales sin necesidad de apelar a cognición de orden superior o central. Esta interpretación es económica en sus supuestos, consistente con la neuroanatomía conocida, y falsable mediante registro electrofisiológico simultáneo de múltiples brazos.

Quinta. El caso del pulpo permite formular una objeción a la pretensión de universalidad de la teoría de la información integrada de Tononi (2004; 2008). Tononi construye phi sobre un modelo implícitamente cordadocéntrico: la integración que su medida cuantifica es integración dentro de un órgano central que concentra el procesamiento. Presentada como medida universal, phi asume sin justificarlo que la integración central es la única vía hacia la complejidad funcional. El pulpo constituye un contraejemplo: su complejidad funcional es alta —resuelve problemas, se adapta a entornos cambiantes, ejecuta estrategias de caza y evasión sofisticadas— mientras que su integración central es baja, con ganglios autónomos y un cerebro ejecutivo de 50 millones de neuronas. Lo que aquí se propone denominar Alt-phi describe la vía

alternativa: complejidad funcional alcanzada no por integración orgánica —en un órgano—, sino por multiplicidad organísmica —en un organismo compuesto de unidades autónomas—. La vía no es la complejidad del órgano sino la complejidad del organismo. Los datos presentados en este artículo hacen plausible la hipótesis de que funcionalidad e integración central son disociables: la primera no requiere necesariamente de la segunda.

Sexta. La paradoja evolutiva que representa un animal de alta inteligencia sin cultura transmitida se disuelve al reconocer que la cultura requiere socialidad (Whiten et al., 1999), y que la socialidad requiere una autorrepresentación centralizada que la arquitectura confederal del pulpo no puede generar. Para representar al otro como igual —como otro yo— es necesario poseer primero un yo unificado desde el que proyectar. Un sistema confederal carece de esa plataforma. El pulpo individualiza objetos en su entorno, incluidos otros organismos, pero no construye la categoría «otro como yo» ni, por tanto, un «nosotros». Sin «nosotros» no hay socialidad; sin socialidad no hay transmisión del aprendizaje; sin transmisión no hay cultura. De lo que el pulpo carece no es de inteligencia ni de aprendizaje, sino del mecanismo —social, y en último término neuronal— necesario para externalizar y transmitir lo que cada individuo aprende. La especie no acumula: reinventa la rueda en cada generación, pero es perfectamente capaz de hacerlo.

Referencias

Amodio, P., Boeckle, M., Schnell, A.K., Ostojić, L., Fiorito, G. y Clayton, N.S. (2019a). Grow Smart and Die Young: Why Did Cephalopods Evolve Intelligence? *Trends in Ecology & Evolution*, 34(1), 45–56.

Amodio, P., Boeckle, M., Schnell, A.K., Ostojić, L., Fiorito, G. y Clayton, N.S. (2019b). Shell loss in Cephalopods: trigger for, or by-product of, the evolution of intelligence? A reply to Mollo et al. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(8), 690–692.

Bekoff, M. (2000). Animal emotions: Exploring passionate natures. *BioScience*, 50(10), 861–870.

Burghardt, G.M. (2015). Play in fishes, frogs, and reptiles. *Current Biology*, 25(1), R9–R10.

Carls-Diamante, S. (en prensa). Octopus behavior and physiology as evidence for embodied cognition. Citado en: *Stanford Encyclopedia of Philosophy, Animal Cognition*.

Godfrey-Smith, P. (2016). *Other Minds: The Octopus, the Sea, and the Deep Origins of Consciousness*. Farrar, Straus and Giroux.

Godfrey-Smith, P. (2017). The Mind of an Octopus. *Scientific American*, 316(1), 62–69.

Hochner, B., Shomrat, T. y Fiorito, G. (2006). The octopus: A model for a comparative analysis of the evolution of learning and memory mechanisms. *Biological Bulletin*, 210(3), 308–317.

Kröger, B., Vinther, J. y Fuchs, D. (2011). Cephalopod origin and evolution: A congruent picture emerging from fossils, development and molecules. *BioEssays*, 33(8), 602–613.

Kuba, M.J., Byrne, R.A., Meisel, D.V. y Mather, J.A. (2006). When do octopuses play? Effects of repeated testing, object type, age, and food deprivation on object play in *Octopus vulgaris*. *Journal of Comparative Psychology*, 120(2), 184–190.

Kuba, M.J., Meisel, D.V., Byrne, R.A., Griebel, U. y Mather, J.A. (2003). Looking at play en *Octopus vulgaris*. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 3, 163–169.

Kuuspalu, A., Cody, S. y Hale, M.E. (2022). Multiple nerve cords connect the arms of octopuses, providing alternative paths for inter-arm signaling. *Current Biology*, 32(23), 5415–5421. DOI: 10.1016/j.cub.2022.11.007.

Maselli, V. et al. (2025). Extraocular Photoreception en Optic Lobes, Suckers, and Skin of *Octopus vulgaris*. *Integrative Zoology*.

Mather, J.A. (2019). What is in an octopus's mind? *Animal Sentience*, 26(1).

Mather, J.A. y Anderson, R.C. (1999). Exploration, play, and habituation in octopuses (*Octopus dofleini*). *Journal of Comparative Psychology*, 113(3), 333–338.

Mather, J.A. y Andrade, M. (2023). Consciousness of octopuses—on their own terms. *Animal Sentience*.

Medeiros, S. y Ribeiro, S. (2021). Octopuses have two alternating sleep states. *iScience*, 24(4).

Mollo, E., Amodeo, P. y Ghiselin, M.T. (2019). [Comentario a Amodio et al. 2019a]. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(8), 689–690.

Ogura, A., Ikeo, K. y Gojobori, T. (2004). Comparative analysis of gene expression for convergent evolution of camera eye between octopus and human. *Genome Research*, 14(8), 1555–1561.

Pophale, A., Shimizu, K., Mano, T., Iglesias, T.L., Martin, K., Hiroi, M., Asada, K., García Andaluz, P., Dinh, T.T.V., Meshulam, L. y Reiter, S. (2023). Wake-like skin patterning and neural activity during octopus sleep. *Nature*, 619(7968), 129–134. DOI: 10.1038/s41586-023-06203-4.

Ramirez, M.D. y Oakley, T.H. (2015). Eye-independent, light-activated chromatophore expansion (LACE) and expression of phototransduction genes in the skin of *Octopus bimaculoides*. *Journal of Experimental Biology*, 218(10), 1513–1520.

Sivitilli, D. (2019). A model of information flow between the octopus's suckers, arms and brain. *Astrobiology Science Conference*, Universidad de Washington.

Sumbre, G., Fiorito, G., Flash, T. y Hochner, B. (2001). Octopuses use a human-like strategy to control precise point-to-point arm movements. *Current Biology*, 11(12), 911–914.

Tononi, G. (2004). An Information Integration Theory of Consciousness. *BMC Neuroscience*, 5, art. 42.

Tononi, G. (2008). Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biological Bulletin*, 215(3), 216–242.

Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W.C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., Tutin, C.E.G., Wrangham, R.W. y Boesch, C. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature*, 399(6737), 682–685. DOI: 10.1038/21415.

Wynne, C.D.L. (2007). What are animals? Why anthropomorphism is still not a scientific approach to behavior. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 2, 125–135.

Young, J.Z. (1963). The number and sizes of nerve cells in *Octopus*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 140(2), 229–254.

Sumario

Resumen.....5
1. Introducción.....6
2. Arquitectura neuronal: el modelo confederal.....7
3. Fotorrecepción cutánea: ver sin ojos.....9
4. Sueño activo y estados análogos al REM.....11
5. El problema del juego: antropomorfismo y disolución conceptual.....13
   5.1. El fenómeno observado.....13
   5.2. El problema del antropomorfismo.....15
   5.3. Una propuesta de disolución.....16
6. La paradoja evolutiva: inteligencia sin herencia.....19
7. Conclusiones.....21
Referencias.....24

Esta obra es la publicación de uno de los textos recogidos en el portal

Desde el rincón de la Izquierda

Compuesto a su vez por varios lugares web.

Ha sido dada a la luz en Cádiz, en data

martes, 14 de abril de 2026

(95 aniversario de la Proclamación de la II República).

Esta obra es de dominio público, siendo permitida su reproducción, en todo o en parte, siempre y cuando sean su autoría y ubicación convenientemente citadas y no se utilice con fines crematísticos.

O en términos legales; se halla bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Nota para impresión: las publicaciones hechas ***Desde el rincón de la Izquierda*** están optimizadas para su impresión en formato folleto (a doble cara y dos páginas por cara, en papel A4), obteniéndose una publicación tamaño A5.